







## Electromagnetic valve actuator in an internal combustion engine

**Patent number:** EP1174596  
**Publication date:** 2002-01-23  
**Inventor:** GUERIN STEPHANE (FR); YONNET JEAN-PAUL (FR)  
**Applicant:** PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA (FR)  
**Classification:**  
- **International:** F01L9/04  
- **European:** F01L9/04  
**Application number:** EP20010401949 20010719  
**Priority number(s):** FR20000009546 20000720

**Also published as:**

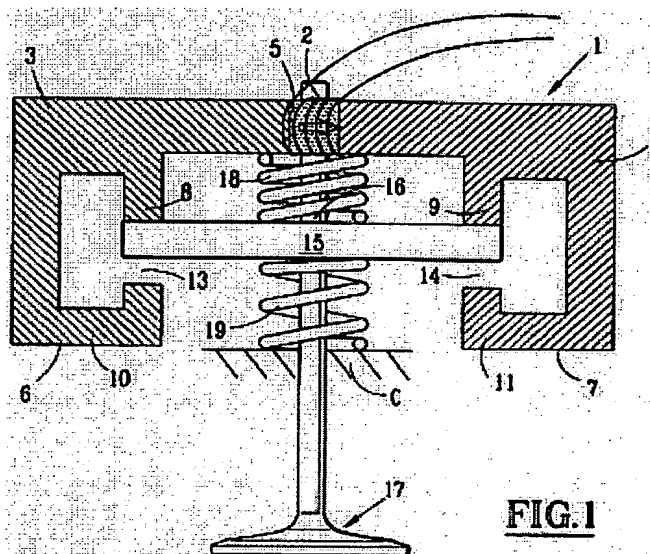
 FR2812025 (A1)

**Cited documents:**

 EP1010866  
 US4829947  
 EP0034955  
 DE19824537  
 FR2784222  
more >>

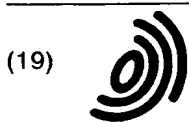
### Abstract of EP1174596

The valve activator comprises an electromagnet (1) comprising a supply reel (2) and a magnetic armature (15) connected to a valve (17) driving part (16) against the action of a commutation energy storage spring (18,19). A permanent magnet (5) interposed in the electromagnet body has its magnetization combined with the field generated in the body by the supply reel.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 174 596 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
23.01.2002 Bulletin 2002/04

(51) Int Cl.7: **F01L 9/04**

(21) Numéro de dépôt: **01401949.1**

(22) Date de dépôt: **19.07.2001**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Inventeurs:  
• **Guerin, Stéphane**  
**92250 La Garenne Colombes (FR)**  
• **Yonnet, Jean-Paul**  
**38240 Meylan (FR)**

(30) Priorité: **20.07.2000 FR 0009546**

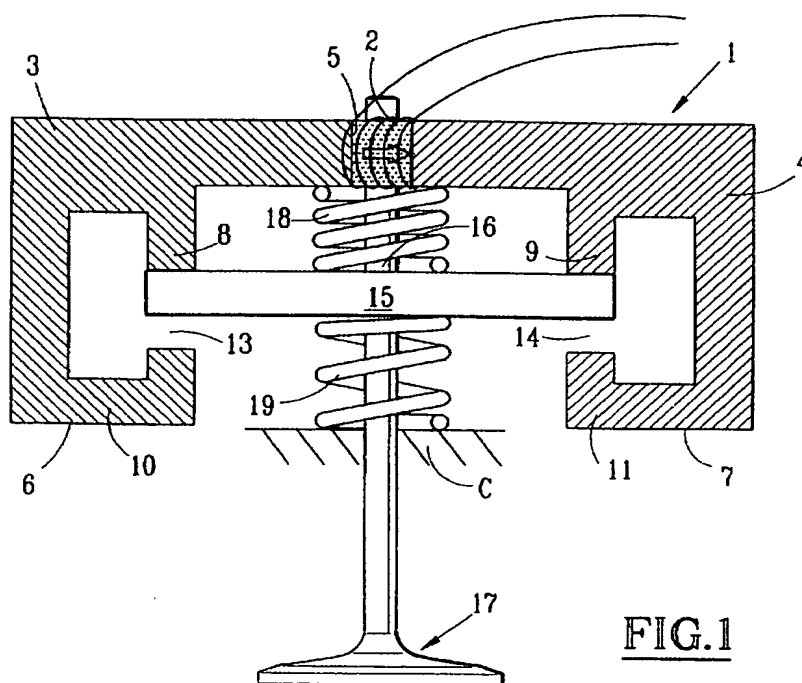
(74) Mandataire:  
**Habasque, Etienne Joel Jean-François et al**  
**Cabinet Lavoix 2, Place d'Estienne d'Orves**  
**75441 Paris Cédex 09 (FR)**

(71) Demandeur: **Peugeot Citroen Automobiles SA**  
**92200 Neuilly sur Seine (FR)**

(54) **Actionneur électromagnétique de soupape de moteur à combustion interne**

(57) Actionneur électromagnétique de soupape de moteur à combustion interne comprenant un électroaimant (1) comportant une bobine d'alimentation (2), une palette magnétique (15) liée à un organe d'entraînement (16) de la soupape (17) à l'encontre de l'action

d'au moins un ressort (18,19) de stockage d'énergie de commutation de ladite soupape, caractérisé en ce que dans le corps magnétique de l'électroaimant est interposé un aimant permanent (5) dont l'aimantation se combine au champ engendré dans ledit corps par ladite bobine d'alimentation (2).



**FIG.1**

## Description

[0001] La présente invention est relative aux actionneurs de soupapes de moteurs à combustion interne.

[0002] Un actionneur de soupape du type précité comporte généralement deux électroaimants entre lesquels est ménagé un entrefer.

[0003] Dans l'entrefer est montée une palette magnétique liée à la soupape à actionner, déplaçable par les électroaimants à l'encontre de ressorts de stockage d'énergie.

[0004] L'agencement ainsi constitué forme un oscillateur harmonique dans lequel le stockage de l'énergie nécessaire à une commutation rapide est assuré par les ressorts et le changement de position est contrôlé à l'aide des électroaimants.

[0005] Ce système est simple en apparence, mais il présente des limitations techniques.

[0006] Le contrôle de la position de la soupape est assuré au moyen des deux bobines des électroaimants par application de courant qui génère un champ magnétique produisant une force  $F$ .

[0007] Dans la phase de saturation, cette force est constante et non contrôlable par le courant.

[0008] Hors saturation, cette force est proportionnelle au carré du courant injecté dans les bobines et inversement proportionnelle au carré de l'entrefer.

[0009] Cette double non linéarité rend très difficile le contrôle de la soupape par les électroaimants.

[0010] Pour des petites valeurs d'entrefer entre la palette et l'électroaimant, la force produite par les électroaimants varie très fortement avec l'entrefer.

[0011] Cette force est également très sensible au courant injecté dans les bobines.

[0012] A l'approche du contact entre la palette et l'électroaimant, il se produit un effet d'emballlement qui génère un claquage responsable du bruit des actionneurs.

[0013] Pour pallier cet inconvénient, des solutions sophistiquées et coûteuses mettant en oeuvre notamment le contrôle en boucle fermée de la position de la palette ont été envisagées.

[0014] L'électroaimant ne peut qu'attirer la palette ou plateau car l'inversion du sens du courant dans les bobines d'alimentation ne change pas le sens de la force exercée sur la palette, du fait que cette force est fonction du carré  $I^2$  du courant dans les bobines.

[0015] Ceci constitue une difficulté supplémentaire pour le contrôle de l'accostage, car si on apporte trop d'énergie à la palette, il n'est plus possible de le ralentir et le choc avec le corps de l'électroaimant est inévitable.

[0016] Pour des entrefers supérieurs à 1 mm, la force développée par l'électroaimant devient faible.

[0017] La courbe d'effort d'un actionneur classique est donc bien adaptée au maintien de la soupape en position fermée ou ouverte, mais elle n'est pas adaptée à la réalisation d'un travail sur toute la course de la soupape.

[0018] On constate cette insuffisance quand on veut actionner des soupapes d'échappement car, pour un moteur chaud, l'actionneur doit alors fournir une énergie mécanique supérieure à 1 Joule à chaque transition, contre 0,2 Joule à l'admission.

[0019] De plus, il est toujours difficile d'initialiser des soupapes car à l'arrêt, l'entrefer entre la palette d'actionnement et le corps de l'électroaimant est de 4 mm.

[0020] A ce problème relatif à la force s'ajoute la présence importante des courants de Foucault qui atténuent et retardent l'effet des bobines.

[0021] A l'admission, l'actionneur doit être capable d'apporter l'énergie nécessaire à la commutation. Il s'agit de compenser les pertes par frottement qui s'élèvent à 0,2 J environ pour une course ou levée de 8 mm de la soupape, et par conséquent de la palette des électroaimants.

[0022] L'énergie apportée par un électroaimant sur l'ensemble de la course précitée, est égale à l'intégrale de la force.

[0023] Cette énergie est relativement faible en raison de la forte décroissance de la force pour les grandes valeurs d'entrefer.

[0024] Par exemple, à une vitesse de rotation du moteur de 6000 t/mn, sur un cycle à deux temps, qui optimiserait l'utilisation de l'actionneur, la puissance utile serait de 20 W, ce qui est faible en regard de sa masse, de l'ordre de 1 kg et de son gros volume.

[0025] Pour un moteur thermique de 500 cm<sup>3</sup> de cylindrée unitaire, on peut se satisfaire de telles dimensions bien qu'elles restent un handicap.

[0026] Par contre, ces dimensions ne sont pas compatibles avec des cylindrées unitaires plus faibles.

[0027] A l'échappement, l'énergie à fournir est de l'ordre de 1,4 J pour lutter contre la pression dans la chambre du cylindre lors de l'ouverture de la soupape.

[0028] On a constaté lors d'essais que les actionneurs actuels sont insuffisants à l'échappement et ne permettent pas de faire fonctionner le moteur à pleine charge.

[0029] En conclusion, l'actionneur actuel a une puissance volumique faible qui limite son utilisation à la commande des soupapes d'admission de moteurs de cylindrée unitaire supérieure ou égale à 500 cm<sup>3</sup>.

[0030] Le rendement d'un actionneur est le rapport entre l'énergie mécanique restituée (utile) et l'énergie électrique consommée. Il est de l'ordre de 30%, les pertes étant dues principalement aux courants induits et aux pertes par effet Joule.

[0031] Un tour de moteur a une durée de 60 ms à 1000 t/mn, alors qu'une transition de soupape dure environ 3,5 ms. On voit bien qu'à bas régime, le système est statistiquement très souvent dans une position stable, soit ouverte, soit fermée.

[0032] Pour maintenir la soupape dans la position ouverte ou fermée, on applique un courant dans la bobine du côté concerné, afin de lutter contre la force du ressort qui tend à ramener la soupape en position inter-

médiaire.

**[0033]** L'actionneur se prête bien à ce fonctionnement, puisque la force produite par l'électroaimant est naturellement élevée à entrefer nul.

**[0034]** Toutefois, la consommation de courant électrique pèse lourd dans le calcul de la consommation du véhicule qui se fait à un régime moyen de 1600 t/mn environ, représentatif de l'utilisation réelle des véhicules qui contient beaucoup de conduite urbaine à faible régime du moteur.

**[0035]** A titre d'exemple, 100 W électriques nécessitent environ 200 W pour le moteur thermique, soit environ 1,5% de la consommation de carburant par cycle.

**[0036]** Or, la consommation de maintien pourrait être théoriquement nulle puisqu'elle ne produit aucun travail.

**[0037]** Les actionneurs actuels présentent une hauteur relativement importante en raison de l'empilage de ressorts, de deux électroaimants et d'un plateau d'actionnement ou palette.

**[0038]** En stationnement, sur les moteurs des véhicules actuels, il y a toujours un cylindre en compression.

**[0039]** Le moteur forme ainsi un frein de parage complémentaire que certains utilisateurs exploitent comme frein additionnel au frein à main, notamment dans les côtes.

**[0040]** Lorsqu'on utilise les actionneurs électromagnétiques, les soupapes sont en position d'équilibre au milieu, de sorte que toutes les chambres du moteur sont à la pression atmosphérique et il n'y a plus de freinage complémentaire possible.

**[0041]** Enfin, l'actionneur lui-même est relativement bon marché en raison de sa simplicité, mais l'électronique de commande associée ainsi que le capteur de position de la soupape, sont complexes et donc chers.

**[0042]** L'invention vise à remédier aux inconvénients des actionneurs électromagnétiques classiques en créant un actionneur, qui tout en étant d'un prix de revient relativement peu élevé, présente des performances améliorées dans les domaines évoqués plus haut.

**[0043]** Elle a donc pour objet un actionneur électromagnétique de moteur à combustion interne comprenant un électroaimant comportant une bobine d'alimentation, une palette magnétique liée à un organe d'entraînement de la soupape à l'encontre de l'action d'au moins un ressort de stockage d'énergie de commutation de ladite soupape, caractérisé en ce que dans le corps magnétique de l'électroaimant est interposé un aimant permanent dont l'aimantation se combine au champ engendré dans ledit corps par ladite bobine d'alimentation.

**[0044]** Suivant d'autres caractéristiques :

- le corps magnétique de l'électroaimant comprenant deux pièces polaires comprenant chacune une première et une seconde branches définissant entre elles des entrefers, ladite palette étant montée déplaçable dans les entrefers définis par les première et seconde branches de deux pièces polaires, ledit

aimant permanent est disposé entre lesdites pièces polaires ;

- l'aimant permanent est placé dans le corps de l'électroaimant de manière que son aimantation soit parallèle au champ engendré dans ledit corps par ladite bobine d'alimentation ;
- l'aimant permanent est placé dans le corps de l'électroaimant de manière que son aimantation soit inclinée par rapport au champ engendré dans ledit corps par ladite bobine d'alimentation.

**[0045]** L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la Fig. 1 est une vue schématique en coupe d'un actionneur électromagnétique de soupape à un électroaimant suivant l'invention ; et
- la Fig. 2 est une vue schématique partielle en coupe d'une variante d'actionneur électromagnétique de soupape suivant l'invention.

**[0046]** L'actionneur représenté à la figure 1 comporte un électroaimant 1 dont le corps en matériau magnétique, par exemple en tôles feuilletées porte une bobine d'alimentation 2.

**[0047]** Le corps comporte deux pièces polaires 3, 4 réunies entre elles par un aimant permanent 5 entouré par la bobine d'alimentation 2.

**[0048]** L'aimantation de l'aimant permanent 5 est dans le présent exemple parallèle au champ engendré par la bobine d'alimentation 2 dans le corps magnétique de l'électroaimant.

**[0049]** Chaque pièce polaire 3, 4 du corps magnétique comporte une portion 6, 7 perpendiculaire à l'aimant permanent 5. Chacune des portions 6, 7 comporte une première branche de faible longueur 8, 9, rectiligne et une seconde branche plus longue, en L, 10, 11 dont l'extrémité libre est alignée avec l'extrémité libre correspondante de la branche 8, 9 respective.

**[0050]** Entre les branches 8, 10 d'une part, et 9, 11 d'autre part, sont définis des entrefers 13, 14 dans lesquels est montée déplaçable une palette magnétique ou plateau 15 fixée à une tige 16 d'entraînement d'une soupape 17.

**[0051]** La tige 16 et la queue de la soupape 17 sont entourées par des ressorts hélicoïdaux 18, 19 disposés de part et d'autre du plateau magnétique 15, et prenant appui respectivement entre la face correspondante dudit plateau et le corps magnétique de l'électroaimant 1 en ce qui concerne le ressort 18 et la paroi de la culasse C en ce qui concerne le ressort 19.

**[0052]** Selon la variante représentée en coupe schématique partielle à la figure 2, l'actionneur comprend un aimant permanent 20 incliné, disposé entre deux pièces polaires 21, 22 présentant des extrémités inclinées en contact avec les faces latérales de l'aimant 20, l'aimant

20 et les extrémités des pièces polaires 21,22 étant entourés par une bobine d'alimentation 23.

[0053] Ainsi, la direction de l'aimantation est inclinée par rapport au champ engendré par la bobine d'alimentation 23.

[0054] Par ailleurs, l'actionneur de la figure 2 est en tous points semblable à celui de la figure 1 et ne sera donc pas décrit.

[0055] Le fonctionnement de l'actionneur électromagnétique qui vient d'être décrit en référence à la figure 1 est le suivant.

[0056] L'alimentation de la bobine 2 provoque la création dans le corps de l'électroaimant d'un champ électromagnétique parallèle à la direction de l'aimantation de l'aimant permanent et qui se combine avec ladite aimantation.

[0057] Selon que la palette se trouve près des branches courtes 8,9 ou des branches longues 10,11 des pièces polaires du corps de l'électroaimant, elle est déplacée vers le haut ou vers le bas, ce qui provoque la fermeture ou l'ouverture de la soupape 17 et la compression du ressort 18 ou 19 correspondant.

[0058] Le maintien en position de la palette 15 est assuré par l'aimant permanent 5 seul, c'est à dire sans consommation de courant.

[0059] Ainsi, grâce à la construction particulière de l'actionneur, un seul électroaimant assure en combinaison avec les deux ressorts de stockage d'énergie 18,19, le déplacement de la soupape 17 dans le sens de l'ouverture et de la fermeture.

[0060] Pour faire passer la palette d'une position à l'autre, on alimente à nouveau la bobine qui engendre une force de libération de la palette.

[0061] Le ressort associé 18,19 provoque le déplacement de la palette 15 à partir de ses points de contact avec les branches 8,9 vers ses points de contact avec les branches 10,11 du circuit magnétique de l'électroaimant ou inversement.

[0062] L'agencement qui vient d'être décrit permet une consommation électrique de maintien de la soupape en position nulle ou très limitée.

[0063] La consommation électrique nécessaire à la commutation est également réduite par la réduction des pertes par effet Joule.

[0064] Il permet également un meilleur contrôle de la soupape grâce à la linéarité relative de la force en fonction de l'entrefer, ce qui permet d'obtenir un gain en bruit.

[0065] L'utilisation d'un seul électroaimant réduit considérablement l'encombrement de l'actionneur.

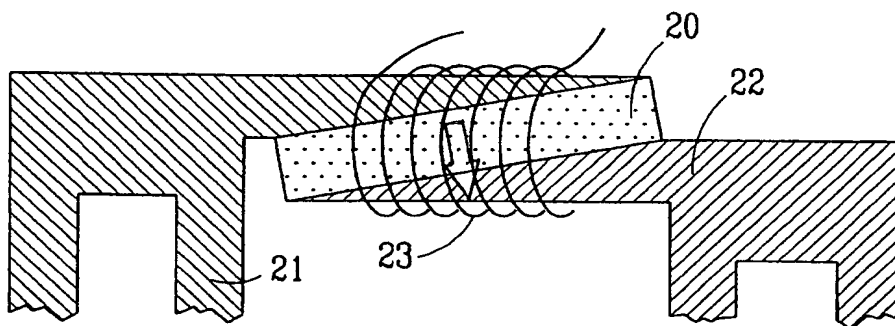
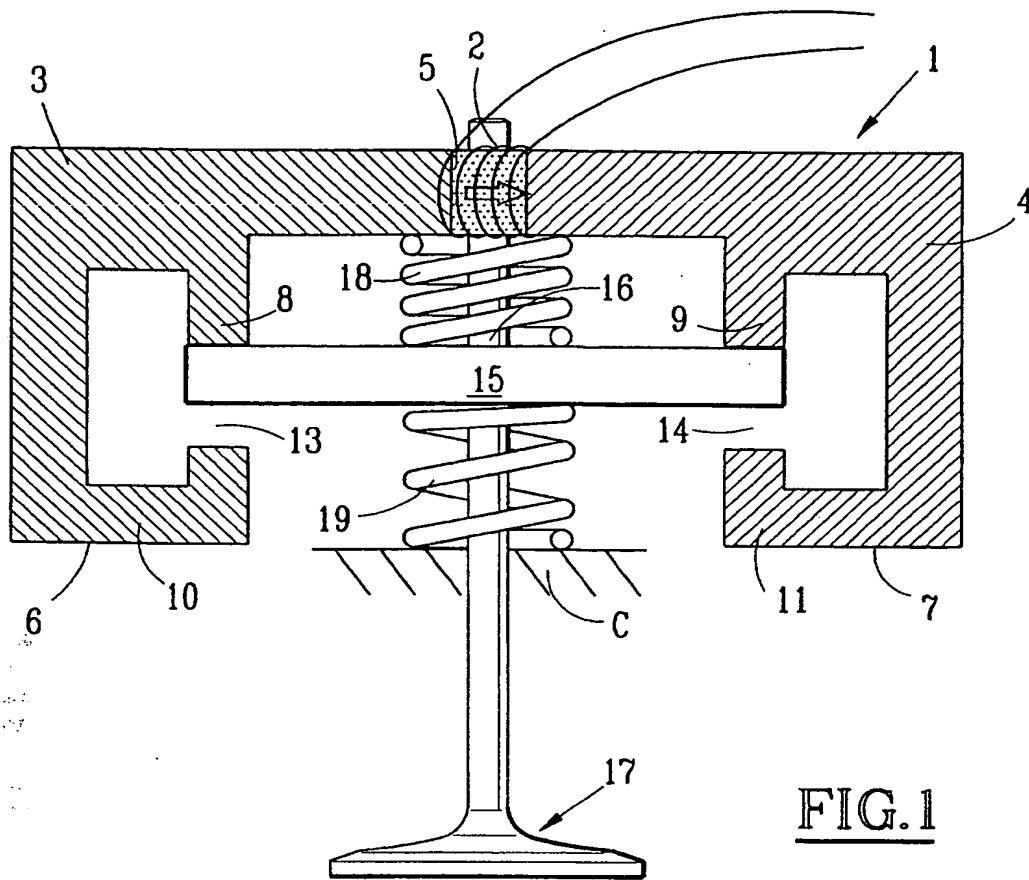
[0066] L'agencement oblique de l'aimant permet de réduire encore l'encombrement.

[0067] Enfin, le fait de pouvoir laisser les soupapes fermées sans consommer de courant améliore encore la possibilité d'utiliser l'actionneur de l'invention comme frein de parage.

[0068] Il présente une puissance volumique accrue permettant une application à l'échappement et sur des moteurs de plus faible cylindrée unitaire.

## Revendications

1. Actionneur électromagnétique de soupape de moteur à combustion interne comprenant un électroaimant comportant une bobine d'alimentation (2; 23), une palette magnétique (15) liée à un organe d'entraînement (16) de la soupape (17) à l'encontre de l'action d'au moins un ressort (18,19) de stockage d'énergie de commutation de ladite soupape, **caractérisé en ce que** dans le corps magnétique de l'électroaimant est interposé un aimant permanent (5;20) dont l'aimantation se combine au champ engendré dans ledit corps par ladite bobine d'alimentation (2;23).
2. Actionneur électromagnétique suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le corps magnétique de l'électroaimant comprenant deux pièces polaires (3,4), comprenant chacune une première et une seconde branches (8,9,10,11) définissant entre elles des entrefers (13,14), ladite palette (15) étant montée déplaçable dans les entrefers définis par les première et seconde branches (8,9,10,11) de deux pièces polaires, ledit aimant permanent (5) est disposé entre lesdites pièces polaires (3,4).
3. Actionneur suivant l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** l'aimant permanent (5) est placé dans le corps de l'électroaimant de manière que son aimantation soit parallèle au champ engendré dans ledit corps par ladite bobine d'alimentation (2).
4. Actionneur suivant l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** l'aimant permanent (20) est placé dans le corps de l'électroaimant de manière que son aimantation soit inclinée par rapport au champ engendré dans ledit corps par ladite bobine d'alimentation (23).





Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 01 40 1949

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 03, 30 mars 2000 (2000-03-30) & JP 11 350929 A (TOYOTA MOTOR CORP; TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC), 21 décembre 1999 (1999-12-21) * abrégé *	1, 3	F01L9/04
X	EP 1 010 866 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 21 juin 2000 (2000-06-21) * alinéa '0005! * * alinéas '0016!-'0026! * * figures *	1	
X	US 4 829 947 A (LEQUESNE BRUNO P B) 16 mai 1989 (1989-05-16) * colonne 5, ligne 49 - colonne 6, ligne 10 * * figure 3 *	1, 3	
A	EP 0 034 955 A (DUCELLIER & CIE) 2 septembre 1981 (1981-09-02) * abrégé; figures *	4	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
A	DE 198 24 537 A (LSP INNOVATIVE AUTOMOTIVE SYST) 9 décembre 1999 (1999-12-09) * revendications 1,3; figures *	1, 2	F01L
A	FR 2 784 222 A (SAGEM) 7 avril 2000 (2000-04-07) * le document en entier *	2	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>15 octobre 2001</b>	Examinateur <b>Klinger, T</b>
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03 B2 (P04C02)



**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 40 1949

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 15-10-2001.  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

15-10-2001

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 11350929	A	21-12-1999	AUCUN	
EP 1010866	A	21-06-2000	JP 2000170952 A EP 1010866 A2	23-06-2000 21-06-2000
US 4829947	A	16-05-1989	US 4779582 A GB 2208041 A	25-10-1988 15-02-1989
EP 0034955	A	02-09-1981	FR 2476218 A1 FR 2481753 A2 DE 3166748 D1 EP 0034955 A1 ES 499553 D0 ES 8200744 A1	21-08-1981 06-11-1981 29-11-1984 02-09-1981 01-12-1981 01-02-1982
DE 19824537	A	09-12-1999	DE 19824537 A1	09-12-1999
FR 2784222	A	07-04-2000	FR 2784222 A1 EP 0992658 A1 WO 0020731 A1	07-04-2000 12-04-2000 13-04-2000

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**